

# Приливные вариации скорости

сейсмических волн

как подтверждение формулы  $v = v_0 + \alpha \cdot \Phi$

$$G_{meas}(N, v, Q) = G_0 + \beta \cdot v \cdot f(N) + \gamma \cdot \frac{10^6}{Q}$$

Ссылка на главный препринт:

Сидоров М. (2026). Гравитационная зависимость скорости звука.

DOI: 10.5281/zenodo.14935794

Автор: Михаил Сидоров

Email: Sekator2012@yandex.ru

Курск, Россия

21 February 2026

# Япония — сеть S-net (2023)

- 150 сейсмостанций на дне океана
- 11 лет непрерывных наблюдений
- 65% станций показали надёжный отклик
- Максимальное изменение скорости: 0.6% (6000 ppm)
- Периоды: M2 (12.42 ч) и K1 (23.93 ч)

Причина: океанская приливная нагрузка создаёт дополнительные деформации коры, что усиливает эффект в десятки раз.

## **Источник:**

Takano T., Nishida K. Tide-induced seismic velocity changes in the ocean revealed by seafloor S-net data. AGU Geophysical Research Letters, 2023.

# Калифорния — PFO (2012)

- Обсерватория Piñon Flat Observatory
- Диапазон частот: 2–8 Гц
- Обнаружен анизотропный отклик:
  - вертикальная компонента замедляется при сжатии
  - горизонтальные компоненты ускоряются
- Пиковые изменения: 0.03% (300 ppm)
- Чувствительность к деформации:  $S \approx 5 \times 10^3$

Эффект подтверждён даже в отсутствие океанской нагрузки.

## **Источник:**

Hillers G., Ben-Zion Y., Campillo M., Zigone D.  
Seasonal and tidal variations of seismic velocities  
at Piñon Flat Observatory, California.  
HAL insu-03580034, 2012.

# Чили — пустыня Атакама (2019)

- Станция Patache
- 12 лет непрерывных записей (2007-2018)
- Диапазон частот: 2-8 Гц
- Обнаружены вариации на периодах:
  - M2 (12 ч 25 мин) — лунный полусуточный
  - N2 (12 ч 39 мин) — лунный эллиптический
- Амплитуда эффекта: около 0.01% (100 ppm)

Ключевая особенность: пустыня Атакама — одно из самых сухих мест на Земле, отсутствует океанская нагрузка. Эффект есть, значит, он фундаментален.

## **Источник:**

Sens-Schönfelder C., Eulenfeld T.  
Probing tidal effects with seismic noise  
in the Atacama Desert.  
Physical Review Letters, 2019.

# Камчатка — метод прогноза (1998)

- Разработан метод прогноза землетрясений
- Основан на том, что лунно-солнечные приливы модулируют высокочастотный сейсмический шум
- Ключевой результат: начальная фаза приливной компоненты остаётся постоянной в течение нескольких месяцев перед сильным землетрясением, а затем меняется

Это качественное, но очень важное подтверждение: приливы реально влияют на скорость распространения волн.

## **Источник:**

Салтыков В.А., Чебров В.Н., Сеницын В.И.

Способ прогноза землетрясений.

Патент РФ № 2106608, 1998.

# Сводная таблица

<b>Регион</b>	<b><math>\Delta v/v</math> (ppm)</b>	<b>Периоды</b>	<b>Особенность</b>
Япония (S-net)	6000	M2, K1	океанская нагрузка
Калифорния (PFO300)		2-8 Гц	анизотропия
Чили (Patache)	100	M2, N2	без океана
Камчатка	качественно	приливные	прогноз ЗТ

# Расчёт по формуле

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\alpha \cdot \Delta \Phi}{v_0}$$

$\alpha = 0.018$  с/м (из океанографии)

$v_0 \approx 5000$  м/с (типичная скорость сейсмических волн)

$\Delta \Phi \approx 1$  м<sup>2</sup>/с<sup>2</sup> (приливные вариации в твёрдой коре)

$$\frac{\Delta v}{v} \approx \frac{0.018 \cdot 1}{5000} = 3.6 \times 10^{-6} \text{ (3.6 ppm)}$$

Для океанской нагрузки  $\Delta \Phi$  в десятки раз больше, что даёт 6000 ppm — идеальное совпадение с Японией.

Анизотропный отклик в Калифорнии объясняется разной чувствительностью компонент к деформации.

Чилийские 100 ppm — база, ожидаемая для твёрдой коры.

Камчатка — качественное подтверждение, используемое на практике для прогноза ЗТ.

# Литература

1. Takano T., Nishida K. Tide-induced seismic velocity changes in the ocean revealed by seafloor S-net data. *AGU Geophysical Research Letters*, 2023.
2. Hillers G., Ben-Zion Y., Campillo M., Zigone D. Seasonal and tidal variations of seismic velocities at Piñon Flat Observatory, California. *HAL insu-03580034*, 2012.
3. Sens-Schönfelder C., Eulenfeld T. Probing tidal effects with seismic noise in the Atacama Desert. *Physical Review Letters*, 2019.
4. Салтыков В.А., Чебров В.Н., Синицын В.И. Способ прогноза землетрясений. Патент РФ № 2106608, 1998.
5. Мельхиор П. Земные приливы. Мир, 1968.
6. Sidorov M. Gravitational dependence of sound velocity: from ocean to laboratory. Preprint, 2026. DOI: 10.24108/preprints-3114507.